

PATENT

10014 U.S. PTO
09/29/93
12/05/00

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of

Katsuhisa YUDA

Serial No. (unknown)

Filed herewith

PLASMA CVD APPARATUS AND PLASMA CVD METHOD

**CLAIM FOR FOREIGN PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119
AND SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT**

Assistant Commissioner for Patents

Washington, D.C. 20231

Sir:

Attached hereto is a certified copy of applicant's corresponding patent application filed in Japan on December 7, 1999, under 348157/1999.

Applicant herewith claims the benefit of the priority filing date of the above-identified application for the above-entitled U.S. application under the provisions of 35 U.S.C. 119.

Respectfully submitted,

YOUNG & THOMPSON

By

Benoît Castel

Benoît Castel
Attorney for Applicant
Customer No. 000466
Registration No. 35,041
745 South 23rd Street
Arlington, VA 22202
703/521-2297

December 5, 2000

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

1c914 U.S. PTO
09/729193
12/05/00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1 9 9 9 年 1 2 月 7 日

出 願 番 号

Application Number:

平成 1 1 年特許願第 3 4 8 1 5 7 号

出 願 人

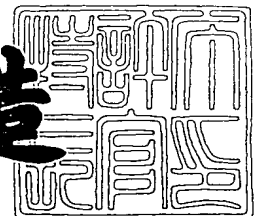
Applicant (s):

日本電気株式会社

2 0 0 0 年 9 月 1 8 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特 2 0 0 0 - 3 0 7 4 0 7 5

【書類名】 特許願

【整理番号】 34803350

【提出日】 平成11年12月 7日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/31
C23C 16/50

【発明の名称】 プラズマCVD装置およびプラズマCVD成膜法

【請求項の数】 6

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

【氏名】 湯田 克久

【特許出願人】

【識別番号】 000004237

【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】

【識別番号】 100108578

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 詔男

【代理人】

【識別番号】 100064908

【弁理士】

【氏名又は名称】 志賀 正武

【選任した代理人】

【識別番号】 100101465

【弁理士】

【氏名又は名称】 青山 正和

【選任した代理人】

【識別番号】 100108453

【弁理士】

【氏名又は名称】 村山 靖彦

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008707

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9709418

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 プラズマ C V D 装置およびプラズマ C V D 成膜法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被堆積基板が設置される基板処理領域と、第 1 のガスのプラズマを形成するプラズマ生成領域と、前記基板処理領域とプラズマ生成領域とを分離して前記第 1 のガスのプラズマを閉じ込め、第 1 のガスの前記プラズマから中性ラジカルを含む第 1 のガスを通過させる孔が配置されたプラズマ閉じ込め電極板を有するプラズマ C V D 装置であって、

前記プラズマ閉じ込め電極板が中空構造であり、内部に第 2 のガスをこのプラズマ閉じ込め電極板内で均一化するためのガス拡散板が設けられており、前記中性ラジカルを含む第 1 のガスとの気相化学反応によって前記被堆積基板に所望の膜を形成する第 2 のガスを、前記基板処理領域に導入する導入孔が前記プラズマ閉じ込め電極板に配置され、

前記プラズマ閉じ込め電極板と前記被堆積基板との垂直方向の距離が、基板処理領域における、前記中性ラジカルと前記第 2 のガスとの混合ガスの成膜時における平均自由行程 λ_g の 1 5 0 0 倍以下となっていることを特徴とするプラズマ C V D 装置。

【請求項 2】 前記ガス拡散板が、プラズマ閉じ込め電極内で互いに平行に位置する複数枚の拡散板であることを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ C V D 装置。

【請求項 3】 プラズマ生成領域において第 1 のガスのプラズマを形成する第 1 の過程と、

前記プラズマ生成領域において前記プラズマをプラズマ閉じ込め電極板により閉じ込める第 2 の過程と、

プラズマ閉じ込め電極板が、配置された孔を通して、前記プラズマから中性ラジカルを基板処理領域へ通過させる第 3 の過程と、

前記プラズマ閉じ込め電極板が、内部に設けられた、第 2 のガスを均一化するガス拡散板により、被堆積基板が設置される基板処理領域へ均一化された第 2 のガスを供給する第 4 の過程と、

前記中性ラジカルを含む第 1 のガスと前記第 2 のガスとの気相化学反応によって、被堆積基板に所望の膜を形成する第 5 の過程とを有し、

前記プラズマ閉じ込め電極板と前記被堆積基板との垂直方向の距離が、基板処理領域における成膜時平均自由行程 λ_g の 1 5 0 0 倍以下となっていることを特徴とするプラズマ C V D 成膜方法。

【請求項 4】 被堆積基板が設置される基板処理領域と、第 1 のガスのプラズマを形成するプラズマ生成領域と、前記基板処理領域とプラズマ生成領域とを分離して前記第 1 のガスのプラズマを閉じ込め、第 1 のガスの前記プラズマから中性ラジカルを含む第 1 のガスを通過させる孔が配置されたプラズマ閉じ込め電極板を有するプラズマ C V D 装置であって、

前記中性ラジカルを含む第 1 のガスとの気相化学反応によって、前記被堆積基板に所望の膜を形成する第 2 のガスを基板処理領域に導入する複数の導入孔が設けられたガス供給板を前記プラズマ閉じ込め電極板と前期被堆積基板との間に有し、

前記ガス供給板は中空構造であって、内部に第 2 のガスを板内で均一化するためのガス拡散板が設けられており、前記ガス供給板と前記被堆積基板の垂直方向の距離が基板処理領域における成膜時平均自由行程 λ_g の 1 5 0 0 倍以下となっていることを特徴とするプラズマ C V D 装置。

【請求項 5】 前記ガス拡散板が、ガス供給板内で互いに平行に位置する複数枚の拡散板であることを特徴とする請求項 4 記載のプラズマ C V D 装置。

【請求項 6】 プラズマ生成領域において第 1 のガスのプラズマを形成する第 1 の過程と、

前記プラズマ生成領域において前記プラズマをプラズマ閉じ込め電極板により閉じ込める第 2 の過程と、

プラズマ閉じ込め電極板が、配置された孔を通して、前記プラズマから中性ラジカルを含む第 1 のガスをこのプラズマ閉じ込め電極板とガス供給板との間に供給する第 3 の過程と、

前記ガス供給板が、配置された複数の導入孔から中性ラジカルを含む第 1 のガ

スを基板処理領域へ通過させる第 4 の過程と、

前記ガス供給板が、内部に設けられた、第 2 のガスを均一化するガス拡散板により、被堆積基板が設置される基板処理領域へ均一化された第 2 のガスを供給する第 5 の過程と、

前記中性ラジカルを含む第 1 のガスと前記第 2 のガスとの気相化学反応によって、被堆積基板に所望の膜を形成する第 6 の過程とを有し、

前記ガス供給板と前記被堆積基板との垂直方向の距離が、基板処理領域における成膜時平均自由行程 λ g の 1 5 0 0 倍以下となっていることを特徴とするプラズマ C V D 成膜方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、プラズマ C V D 装置およびこれを用いたプラズマ C V D 方法に関し、特に、プラズマ生成領域と基板処理領域とを分離するリモートプラズマ C V D 装置、およびリモートプラズマ C V D による大面積均一に緻密な膜の形成方法に係わるものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

プラズマダメージを抑制しながら基板への膜形成を行うプラズマ C V D 装置の 1 つに、プラズマ生成領域と基板処理領域 R とを分離するリモートプラズマ C V D 装置がある。このリモートプラズマ装置を用いた C V D 膜の形成は、半導体デバイスプロセスにおいて高信頼性デバイスや高性能デバイスを作製するための、薄膜作成の処理プロセスとして、非常に重要な技術となっている。

【0 0 0 3】

大面積フラットパネルディスプレイのスイッチングトランジスタ形成プロセスと駆動回路トランジスタ形成プロセス、および大口径シリコンウエハプロセスなどの大型基板に対応できるリモートプラズマ C V D 装置としては、例えば特開平 5 - 2 1 3 9 3 に開示されているような平行平板リモートプラズマ C V D 装置が開示されている。

【 0 0 0 4 】

この従来例のリモートプラズマCVD装置における、平行平板型リモートプラズマCVD装置は、図7に示すように、従来の平行平板プラズマCVD装置において基板3の設置される対向電極2と高周波印加電極1との間に、複数の孔が開いたメッシュプレートを用いたプラズマ閉じ込め電極8が設けられている。

そして、平行平板型リモートプラズマCVD装置は、このプラズマ閉じ込め電極8と高周波印加電極1との間でプラズマ6を閉じこめるものである。

プラズマ閉じ込め電極8と高周波印加電極1の平行平板間で閉じこめた大面積均一なプラズマ6から、基板処理領域Rに中性ラジカル4などのガスを供給するため、基板処理領域Rに供給された中性ラジカル4などの基板直上面内分布は大面積均一となり、基板3における薄膜形成処理が大面積基板に対しても均一に行えるという特長を有する。

【 0 0 0 5 】

さらに、上述の従来例においては、メッシュプレートの孔、すなわちラジカル4の通過孔5の付近に、中性ガス10を噴射する中性ガス噴射孔9が設けられており、ラジカル4と中性ガス10との気相反応を用いるプロセスにおいても、基板3に対する膜の生成処理において大面積均一な処理が可能となっている。

【 0 0 0 6 】

すなわち、図7に示す平行平板リモートプラズマCVD装置により、基板処理領域Rにおいて気相化学反応を伴う成膜（薄膜の生成処理）を行う場合には、反応に寄与する第1のガスのプラズマ（プラズマ6）を形成し、このプラズマからプラズマ閉じ込め電極8のラジカル通過孔5を通し、励起された第1のガスのラジカル（ラジカル4）及び励起されていない第1のガスを基板処理領域Rに供給し、中性ガス噴射孔9から供給される第2のガスと反応させて、薄膜生成に必要な成膜前駆体を形成する。

【 0 0 0 7 】

例えば、モノシラン（ SiH_4 ）と酸素（ O_2 ）との反応による酸化シリコン成膜を行う場合には、第1のガスを酸素とし、第2のガスをモノシランとする。

このとき、ラジカル通過孔5及び中性ガス噴射孔9が、プラズマ閉じ込め電極

8に多数開口されているため、第2のガス（中性ガス10）が多数の中性ガス噴射孔9から均一に供給されれば、基板処理領域Rにおける上記気相反応は、基板3の直上面内で均一に起こり、基板3の表面に均一な膜を形成することができる。

【0008】

上述してきた理由から、平行平板型リモートプラズマCVD装置は、大型ガラス基板上に薄膜トランジスタのゲート絶縁膜となる酸化シリコン（ SiO_2 ）膜や窒化シリコン膜（ Si_3N_4 もしくは Si_xN_y ）、同じく大型ガラス基板上に薄膜トランジスタの活性層やゲート電極となる非晶質シリコン膜、さらに大型Si基板上にトランジスタ素子の層間絶縁膜となる酸化シリコン膜や窒化シリコン膜などを成膜する方法として有望視されている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

上述したようにラジカル通過孔5の付近に中性ガス噴射孔9を設けて、中性ガス噴射孔9から面内均一な中性ガス10の供給を行おうとすると、上述した従来例（特開平5-21393）に開示されているように、中空構造のプラズマ閉じ込め電極8を用いることになる。

この中空構造のプラズマ閉じ込め電極8においては、図8の閉じ込め電極側面図および図9の閉じ込め電極上面図に示すようにラジカル通過孔5と中性ガス通過孔9とが各々独立に（分離されて）設けられており、中空領域内でラジカル4と中性ガス10とが混ざり、中空領域内でラジカル4と中性ガス10とが反応することはない。

【0010】

ここで中空構造のプラズマ閉じ込め電極8に真空チャンバ外部から中性ガス10を供給する方法として、従来例において開示されているのは、図9または図10に示すように、プラズマ閉じ込め電極8側面部に設けられた中性ガス導入管12から、中性ガス10をプラズマ閉じ込め電極8の中空領域内に供給する方法である。

【0011】

この従来例の方法では、プラズマ閉じ込め電極 8 における中空部内の圧力が基板処理領域 R の成膜圧力と同程度、すなわち数十 m T o r r ~ 数百 m T o r r と低圧である。

このため図 1 1 の概念図に模式的に示すように、中性ガス導入管 1 2 とプラズマ閉じ込め電極 8 との接続部付近の中性ガス噴射孔 9 から大部分の中性ガス 1 0 が噴射されてしまい、中性ガス導入管 1 2 から遠い噴射孔 9 からは少量の中性ガス 1 0 しか噴射されなくなるので、基板 3 の表面に面内均一な中性ガス 1 0 の噴射が困難となってしまうという欠点がある。

【 0 0 1 2 】

このように、表面への面内均一な中性ガス 1 0 の噴射が困難な状況において、基板 3 表面に面内均一な膜を形成するためには、中性ガス 1 0 を噴射するプラズマ閉じ込め電極 8 と基板 3 との距離 D を長くすればよい。

すなわち、第 2 のガス（中性ガス 1 0）が面内不均一に基板処理領域 R に供給され、第 1 のガスと気相化学反応を起こすと、第 2 のガスが供給された付近では、気相化学反応の結果生成された反応生成物（成膜前駆体）の基板 3 直上面内分布も不均一となる。

【 0 0 1 3 】

しかしながら、上記距離 D が長ければ、第 2 のガスおよび反応生成物が基板 3 まで移動する間に、基板 3 表面に対して平行な方向へ拡散する時間が十分与えられるので、基板 3 表面に到達する時点では、基板 3 表面における面内分布が均一化する。

この成膜方法においては、C V D チャンバの幅 W に対して、プラズマ閉じ込め電極 8 と基板 3 との距離 D が大きいと均一化作用を得やすくなる。

【 0 0 1 4 】

例えば、5 0 0 m m × 6 0 0 m m のガラス基板に成膜を行う場合には、C V D チャンバの幅 W は、8 0 0 m m 程度になり、プラズマ閉じ込め電極と基板との距離 D 1 3 を同じ長さの 8 0 0 m m 程度にすると十分に均一化作用が現れる。

しかしながら気相化学反応による成膜においては、上述のように中性ガス 1 0 を噴射する噴射孔 9 の設けられたプラズマ閉じ込め電極 8 と、被堆積基板（基板

3) との距離Dを長くしてしまうと、中性ラジカルを含む第1のガスと第2のガスとの気相反応が過剰に進み、基板処理領域Rにおける気相中で、粒（成膜前駆体）成長が進んでしまい、この成長した粒が被堆積基板表面に堆積するため、生成された膜が疎密になりやすいという問題が生じる。

【0015】

例えば、モノシランと酸素の気相化学反応による酸化シリコン成膜を行う場合には、基板処理領域Rにおける気相中で、パーティクル状の SiO_x 粒（成膜前駆体）が成長することになる。

上述の様に生成された疎密な膜は欠陥密度が高いため、リーク電流が大きく絶縁耐圧も低くなるため、薄膜トランジスタのゲート絶縁膜などに使用することはできない。

【0016】

本発明は、このような背景の下になされたもので、気相化学反応によるリモートプラズマCVD方法での成膜において、過剰な気相化学反応による粒成長を起こさずに、被堆積基板上に緻密で面内均一な膜堆積が行える、成膜前駆体を供給することのできるリモートプラズマCVD装置およびリモートプラズマCVD成膜法を提供する事にある。

【0017】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するため本発明は、第2のガスを基板処理領域に導入する導入孔が配置されたプラズマ閉じ込め電極板と被堆積基板の垂直方向の距離が、基板処理領域における成膜時平均自由行程 λ_g の1500倍以下となっており、かつ前記プラズマ閉じ込め電極板は中空構造であって第2のガスを板内で均一化するためのガス拡散板が設けられていることを特徴としている。拡散板によりプラズマ閉じ込め電極板内で第2のガスが均一化されて基板処理領域に導入されるため、基板直上面内での均一な気相化学反応が起こり、かつ第2ガスが基板処理領域に導入されてから基板に到達するまでに起こる様々な素化学反応の回数が制限され、過剰反応による気相での粒成長が問題ないレベルに抑制されるため、被堆積基板上に面内均一で緻密な膜を形成することが出来る。

また本発明では、第 2 のガスを基板処理領域に導入する導入孔が配置されプラズマ閉じ込め電極と被堆積基板の間に位置するガス供給板と被堆積基板の垂直方向の距離が、基板処理領域における成膜時平均自由行程 λ_g の 1 5 0 0 倍以下となっており、かつ前記ガス供給板は中空構造であって第 2 のガスを板内で均一化するためのガス拡散板が設けられていることを特徴としている。拡散板によりガス供給板内で第 2 のガスが均一化されて基板処理領域に導入されるため、基板直上面内での均一な気相化学反応が起こり、かつ第 2 ガスが基板処理領域に導入されてから基板に到達するまでに起こる様々な素化学反応の回数が制限され、過剰反応による気相での粒成長が問題ないレベルに抑制されるため、被堆積基板上に面内均一で緻密な膜を形成することが出来る。

【 0 0 1 8 】

請求項 1 記載の発明は、プラズマ C V D 装置において、被堆積基板が設置される基板処理領域と、第 1 のガスのプラズマを形成するプラズマ生成領域と、前記基板処理領域とプラズマ生成領域とを分離して前記第 1 のガスのプラズマを閉じ込め、第 1 のガスの前記プラズマから中性ラジカルを含む第 1 のガスを通過させる孔が配置されたプラズマ閉じ込め電極板を有するプラズマ C V D 装置であって、前記プラズマ閉じ込め電極板が中空構造であり、内部に第 2 のガスをこのプラズマ閉じ込め電極板内で均一化するためのガス拡散板が設けられており、前記中性ラジカルとの気相化学反応によって前記被堆積基板に所望の膜を形成する第 2 のガスを、前記基板処理領域に導入する導入孔が前記プラズマ閉じ込め電極板に配置され、前記プラズマ閉じ込め電極板と前記被堆積基板との垂直方向の距離が、基板処理領域における成膜時平均自由行程 λ_g の 1 5 0 0 倍以下となっていることを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

請求項 2 記載の発明は、請求項 1 記載のプラズマ C V D 装置において、前記ガス拡散板が、プラズマ閉じ込め電極内で互いに平行に位置する複数枚の拡散板であることを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

請求項 3 記載の発明は、プラズマ C V D 成膜方法において、プラズマ生成領域

において第 1 のガスのプラズマを形成する第 1 の過程と、前記プラズマ生成領域において前記プラズマをプラズマ閉じ込め電極板により閉じ込める第 2 の過程と、プラズマ閉じ込め電極板が、配置された孔を通して、前記プラズマから中性ラジカルを含む第 1 のガスを基板処理領域へ通過させる第 3 の過程と、前記プラズマ閉じ込め電極板が、内部に設けられた、第 2 のガスを均一化するガス拡散板により、被堆積基板が設置される基板処理領域へ均一化された第 2 のガスを供給する第 4 の過程と、前記中性ラジカルを含む第 1 のガスと前記第 2 のガスとの気相化学反応によって、被堆積基板に所望の膜を形成する第 5 の過程とを有し、前記プラズマ閉じ込め電極板と前期被堆積基板との垂直方向の距離が、基板処理領域における成膜時平均自由行程 λ_g の 1 5 0 0 倍以下となっていることを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

請求項 4 記載の発明は、プラズマ C V D 装置において、被堆積基板が設置される基板処理領域と、第 1 のガスのプラズマを形成するプラズマ生成領域と、前記基板処理領域とプラズマ生成領域とを分離して前記第 1 のガスのプラズマを閉じ込め、第 1 のガスの前記プラズマから中性ラジカルを含む第 1 のガスを通過させる孔が配置されたプラズマ閉じ込め電極板を有するプラズマ C V D 装置であって、前記中性ラジカルを含む第 1 のガスとの気相化学反応によって、前記被堆積基板に所望の膜を形成する第 2 のガスを基板処理領域に導入する複数の導入孔が設けられたガス供給板を前記プラズマ閉じ込め電極板と前記被堆積基板との間に有し、前記ガス供給板は中空構造であって、内部に第 2 のガスを板内で均一化するためのガス拡散板が設けられており、前記ガス供給板と被堆積基板の垂直方向の距離が基板処理領域における成膜時平均自由行程 λ_g の 1 5 0 0 倍以下となっていることを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

請求項 5 記載の発明は、請求項 4 記載のプラズマ C V D 装置において、前記ガス拡散板が、ガス供給板内で互いに平行に位置する複数枚の拡散板であることを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

請求項 6 記載の発明は、プラズマ C V D 成膜方法において、プラズマ生成領域において第 1 のガスのプラズマを形成する第 1 の過程と、前記プラズマ生成領域において前記プラズマをプラズマ閉じ込め電極板により閉じ込める第 2 の過程と、プラズマ閉じ込め電極板が、配置された孔を通して、前記プラズマから中性ラジカルを含む第 1 のガスをこのプラズマ閉じ込め電極板とガス供給板との間に供給する第 3 の過程と、前記ガス供給板が、配置された複数の導入孔から中性ラジカルを含む第 1 のガスを基板処理領域へ通過させる第 4 の過程と、前記ガス供給板が、内部に設けられた、第 2 のガスを均一化するガス拡散板により、被堆積基板が設置される基板処理領域へ均一化された第 2 のガスを供給する第 5 の過程と、前記中性ラジカルを含む第 1 のガスと前記第 2 のガスとの気相化学反応によって、被堆積基板に所望の膜を形成する第 6 過程とを有し、前記ガス供給板と前記被堆積基板との垂直方向の距離が、基板処理領域における成膜時平均自由行程 λ_g の 1 5 0 0 倍以下となっていることを特徴とする。

【 0 0 2 4 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。図 1 は本発明の一実施形態によるリモートプラズマ C V D（化学的気相成長）装置の構成の断面を示す概念図である。本発明の一実施形態を酸素／シラン系の平行平板リモートプラズマ C V D 装置における酸化シリコン膜形成を例にとり、以下に図を参照して詳細に説明する。従来例と同様な構成については、同一の符号を付し、この構成の説明を省略する。

【 0 0 2 5 】

この図において、平行平板リモートプラズマ C V D 装置は、基本的には図 1 に示すように、真空排気可能な真空チャンバ、高周波電源 1 3，高周波印加電極 1，基板 3 を支持する対向電極 2，中性ラジカルを含むガスを通過（導入）させるラジカル通過孔 5 及び中性ガス噴射孔 5 が設けられ、かつ電氣的に接地されたプラズマ閉じ込め電極 2 0 を備え、かつ、プラズマ閉じ込め電極 2 0 の側面から中性ガス（例えば、モノシラン 1 9）を導入する中性ガス導入管 1 2 によって構成されている。

【 0 0 2 6 】

また、プラズマ閉じ込め電極 2 0 には、内部にラジカル通過孔及び中性ガス噴射孔を有する拡散板が設けられている。

この拡散板を有するプラズマ閉じ込め電極 2 0 の断面概略図を図 2 に示す。この図において、プラズマ閉じ込め電極上部板 2 6 とプラズマ閉じ込め電極下部板 2 7 とに挟まれた中空部に、モノシランガス（中性ガス） 1 9 を均一に拡散するための複数のガス拡散板、すなわち一実施形態では第 1 のガス拡散板 2 3 及び第 2 のガス拡散板 2 4 が設けられて（配置されて）いる。

【 0 0 2 7 】

図 2 においては、プラズマ閉じ込め電極上部板 2 6 と第 1 のガス拡散板 2 3 との間にモノシランガス 1 9 が供給され、モノシランガス 1 9 が第 1 のガス拡散板 2 3 の孔 9 A によって均一化され、さらに第 2 のガス拡散板 2 4 の孔 9 B によって均一化され、最後にプラズマ閉じ込め電極下部板 2 7 に設けられた中性ガス噴射孔 9 から、面内均一にモノシランガス 1 9 が基板 3 に向かって噴射される。

【 0 0 2 8 】

ここで、孔 9 A、孔 9 B 及び中性ガス噴射孔 9 と、ラジカル通過孔 5 とは、酸素ラジカル及び酸素分子 2 1 とモノシランガス 1 9 とが混合されないように、分離されて（独立して）、プラズマ閉じ込め電極 2 0 内において、各々設けられている。上記の分離を行うために、ラジカル通過孔 5 は、モノシランの存在する領域から隔離する壁で形成された繋がった孔であり、かつプラズマ閉じ込め電極上部板 2 6 とプラズマ閉じ込め電極下部板 2 7 の間を貫通している。

なお、図 2 では第 1 の拡散板 2 3 と第 2 の拡散板 2 4 との 2 枚の拡散板を示しているが、この拡散板は 1 枚でも 2 枚以上の複数枚でも何枚でも良い。

【 0 0 2 9 】

プラズマ閉じ込め電極上部板 2 6 からプラズマ閉じ込め電極下部板 2 7 の間に貫通されたラジカル通過孔 5 の開口孔径は、発生させた酸素プラズマ 2 2 を効率よく閉じ込められるように、発生させた酸素プラズマ 2 2 におけるプラズマのデバイ長の 2 倍以下程度の長さに設定されている。

【 0 0 3 0 】

次に、図 3 は、プラズマ閉じ込め電極上部板 2 6 とプラズマ閉じ込め電極下部板 2 7 の平面図を示したものである。図 3 (a) はプラズマ閉じ込め電極上部板 2 6 の平面図を示し、図 3 (b) はプラズマ閉じ込め電極下部板 2 7 の平面図を示している。

【0 0 3 1】

ここで、図 3 (a) において、プラズマ閉じ込め電極上部板 2 6 には、閉じ込められた酸素プラズマ 2 2 から、中性ラジカルを含むガスを通過させるラジカル通過孔 5 が所定の間隔に板内で均一に開孔されている。

また、図 3 (b) において、プラズマ閉じ込め電極下部板 2 7 には、閉じ込められた酸素プラズマ 2 2 から、中性ラジカルを含むガスを通過させるラジカル通過孔 5 が所定の間隔に板内均一に開孔され、このラジカル通過孔 5 と一致しない位置に、中性ガス噴射孔 9 が所定の間隔に板内均一に開孔されている。

【0 0 3 2】

次に、図 4 は、ガス拡散板（第 1 のガス拡散板 2 3 及び第 2 のガス拡散板 2 4）の平面図を示している。ここで、上記 2 枚のガス拡散板、第 1 のガス拡散板 2 3 及び第 2 のガス拡散板 2 4 は、図 2 の第 1 のガス拡散板 2 3 と第 2 のガス拡散板 2 4 に対応している。

【0 0 3 3】

図 4 (a) において、第 1 のガス拡散板 2 3 には、中性ラジカルを含むガスを通過させるラジカル通過孔 5 が所定の間隔に板内で均一に開孔され、中性ガス通過孔 9 が、中心付近の所定の領域 Q の、ラジカル通過孔 5 と一致しない位置に、均一に開孔されている。

また、図 4 (b) において、第 2 のガス拡散板 2 4 には、中性ラジカルを含むガスを通過させるラジカル通過孔 5 が所定の間隔に板内で均一に開孔され、中性ガス通過孔 9 が、中心付近の所定の領域 P の、ラジカル通過孔 5 と一致しない位置に、均一に開孔されている。

【0 0 3 4】

ここで、領域 P は、第 1 のガス拡散板 2 3 と第 2 のガス拡散板 2 4 とを、プラズマ閉じ込め電極 2 0 に設置するときこの 2 枚の拡散板を重ねた場合、平面視に

において上記領域Qを含み、かつ領域Qより広い領域を示す。

すなわち、第2のガス拡散板24において、中性ガス通過孔9が第1のガス拡散板23での開孔位置と同様の位置に開孔されているだけではなく、さらにその外周領域にも中性ガス通過孔9が開孔されている。

【0035】

拡散板内全面において、均一に中性ガス通過の孔を開口してもよいが、上述したように、図4に示すように複数の重ねられる拡散板の孔の位置を工夫することにより、図11に示すように中性ガス導入管12付近で大量のガスが基板処理領域Rに噴射されてしまうのを防ぐことができ、基板3の表面に対して、より面内均一な中性ガス（例えばモノシランガス19等）の供給を行うことができる。

【0036】

また、拡散板の構成において、第1のガス拡散板23と第2のガス拡散板24とを、プラズマ閉じ込め電極20に設置するときこの2枚の拡散板を重ねた場合、複数の拡散板同士のモノシランガス（中性ガス）19を流す孔、すなわち孔9Aと孔9Bとが、平面視において重ならないように（直線上に位置しないように）設ける構成も可能である。

【0037】

次に、図1、図2、図3および図4を参照して、本発明の一実施形態によるリモートプラズマCVD装置による、基板3表面への酸化シリコン膜の形成方法について、以下に説明する。

真空排気状態にある（所定の圧力となっている）CVDチャンバ内で、高周波印加電極1に酸素ガス18を導入し、この酸素ガス18が高周波印加電極1の下面からプラズマ閉じ込め電極20の方向に均一に供給され、拡散板（図4に示す第1のガス拡散板23及び第2の拡散板24）を有するプラズマ閉じ込め電極20との間で、高周波電源13から高周波印加電極1に供給される高周波によりグロー放電を起こさせる。

【0038】

このグロー放電により発生された酸素プラズマ22は、高周波印加電極1とプラズマ閉じ込め電極20との間で効率よく閉じこめられる。

その結果、例えば、酸素プラズマ 2 2 におけるプラズマ密度が 10^{10} cm^{-3} 程度であるのに対し、プラズマ閉じ込め電極 2 0 と対向電極 2（または基板 3）との間のプラズマ密度は $10^5 \text{ cm}^{-3} \sim 10^6 \text{ cm}^{-3}$ 程度となっている。

【0 0 3 9】

すなわち、酸素プラズマ 2 2 中には、電子、酸素原子イオン、酸素分子イオン、酸素原子ラジカル、酸素分子ラジカル、酸素分子が存在するが、プラズマ外に侵入する電子およびイオンは無視できる程度の量であることを示している。

したがって、酸素プラズマ 2 2 外において、すなわち基板処理領域 R に噴射されるモノシランガス 1 9 と反応し、酸化シリコン膜成膜に寄与するのは、酸素原子ラジカル、酸素分子ラジカル、および励起されない酸素分子である。

【0 0 4 0】

そして、酸素ラジカルおよび酸素分子 2 1 は、ラジカル通過孔 5 を通って基板処理領域 R に拡散し、中性ガス噴射孔 9 から噴射されたモノシランガス 1 9 と気相化学反応を起こす。

この気相化学反応により、 SiO_x 、 SiO_xHy 、 SiHy などの酸化シリコン前駆体（成膜前駆体）が形成され、この形成された酸化シリコン前駆体が基板 3 表面に堆積されることにより、基板 3 表面に酸化シリコン膜を形成する。

【0 0 4 1】

ここでプラズマ閉じ込め電極 2 0 と基板 3 との距離 D（垂直方向の距離）は、基板処理領域 R における酸素（酸素ラジカルおよび酸素分子 2 1）／モノシラン混合ガスの平均自由行程 λ_g の 1 5 0 0 倍以下（ただし、「0」を超える数）になるよう設定されている。この距離 D により、気相化学反応が、過剰に進むのを抑制しているため、 SiO_x 、 SiO_xHy 、 SiHy などの酸化シリコン膜前駆体が、基板処理領域 R における気相で、粒成長することによって、パーティクル状の大きさに成長することがない。

【0 0 4 2】

例えば、ガス温度 3 0 0℃、チャンバ圧力 2 5 0 mT o r r において、酸素／モノシラン混合ガスの平均自由行程 λ_g は約 6 0 μm であるため、プラズマ閉じ込め電極と基板との距離 D は 9 0 mm 以下とすればよい。

実際に、酸化シリコン膜の成膜を行った例として、基板温度 300℃、基板処理領域 R 圧力 250 mTorr、高周波印加電極 1 を通してプラズマ領域へ供給する酸素流量 800 sccm、中性ガス導入管 12 へ供給するモノシランガス流量 5 sccm の条件で成膜した酸化シリコン膜を、MOS（金属・酸化膜・半導体）キャパシタのゲート絶縁膜としたときのリーク電流特性を図 5 に示す。

【0043】

図 5 において、プラズマ閉じ込め電極 20 と基板 3 との距離 D を、300 mm にした場合と、60 mm にした場合とで、リーク電流密度値が大きく変わっている。

すなわち、プラズマ閉じ込め電極 20 と基板 3 との距離 D を、60 mm として形成した膜のリーク電流特性は、シリコン熱酸化膜の電流特性に近く、良好であり、薄膜トランジスタのゲート絶縁膜や層間絶縁膜として用いることが可能な電氣的絶縁特性及び耐圧を有している。

【0044】

これに対して、プラズマ閉じ込め電極 20 と基板 3 との距離 D を、300 mm として形成した膜のリーク電流特性は、低電界領域から大きなリーク電流が流れており、薄膜トランジスタのゲート絶縁膜や層間絶縁膜には、電氣的絶縁特性及び耐圧が低く、用いることができない。

【0045】

上述した実験条件において、基板処理領域 R における酸素／モノシラン混合ガスの平均自由行程 λ_g は、約 60 μm である。

このとき、電氣的絶縁特性及び耐圧が低い方のプラズマ閉じ込め電極 20 と基板 3 との距離 D、すなわち、300 mm は、上記平均自由行程 λ_g の約 5000 倍に相当する。

【0046】

一方、電氣的絶縁特性及び耐圧が低い方のプラズマ閉じ込め電極 20 と基板 3 との距離 D、すなわち 60 mm は、上記平均自由行程 λ_g の約 1000 倍に相当する。

上記平均自由行程 λ_g の 5000 倍もプラズマ閉じ込め電極 20 と基板 3 との

距離Dが大きいと、酸素ラジカルおよび酸素分子21と、モノシランガス19との気相化学反応が進みすぎ、基板処理領域Rにおける気相中で粒成長したパーティクルが基板3表面に膜として堆積し、基板3表面に粗密な膜を形成してしまったと推察される。

【0047】

これに対して、上記平均自由行程λgの1000倍程度のプラズマ閉じ込め電極20と基板3との距離Dであれば、酸素ラジカルおよび酸素分子21と、モノシランガス19との気相化学反応は進みすぎることが無く、気相中での粒成長が制限され、基板3表面においてパーティクル状の酸化シリコン膜前駆体が膜として堆積することはないと推察される。

【0048】

また、上述したように、プラズマ閉じ込め電極20と対向電極2との間のプラズマ密度は非常に低くなっているために、通常の平行平板プラズマCVDに比べて基板3へのプラズマダメージは非常に低く抑えられている。

【0049】

この効果は、基板3の表面がMOS界面を形成するシリコン表面の場合には、顕著に現れ、通常の平行平板プラズマCVDで単結晶シリコン基板上にSiO₂膜を形成した場合に、そのMOS界面準位密度がミッドギャップ付近で $10^{11} \sim 10^{12} \text{ cm}^{-2} \text{ eV}^{-1}$ であるのに対し、平行平板リモートプラズマCVDで酸化シリコン膜を形成した場合には、 $\sim 10^{10} \text{ cm}^{-2} \text{ eV}^{-1}$ 程度の低い界面準位密度となる。

【0050】

以上、本発明の一実施形態を図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲の設計変更等があっても本発明に含まれる。

例えば、図6を用いて、第2の実施形態による平行平板リモートプラズマCVDを説明する。図6は、平行平板型リモートプラズマCVD装置の構成の断面を示す概念図である。従来例及び一実施形態と同様な構成については、同一の符号を付し、この構成の説明を省略する。

【 0 0 5 1 】

この図において、図 6 の平行平板型リモートプラズマ C V D 装置が、図 1 の平行平板リモートプラズマ C V D 装置と異なるのは、中性ガス導入管 1 2 が接続されて中性ガス（モノシランガス 1 9）をその中に導入し、内部に設けられたガス拡散板でガス濃度を均一化して基板側へ噴射するガス供給板 2 9 がプラズマ閉じ込めの機能を有しないことである。

【 0 0 5 2 】

このため、拡散板を有するガス供給板 2 9 のラジカル通過孔 5 は、ラジカル 4 の均一噴射が可能であればその孔径は任意である。また、電氣的に接地せずに電氣的浮遊状態で使用することも可能である。すなわち、ガス供給板 2 9 は、構成自体は一実施形態におけるプラズマ閉じ込め電極 2 0 と同様であるが、接地されていない点とラジカル通過孔の孔径が異なる。

【 0 0 5 3 】

なお、このガス供給板 2 9 は、プラズマ閉じ込め電極 8 と対向電極 2 との間に位置しており、ガス供給板 2 9 と基板 3 との距離 F が基板処理領域 R における酸素（酸素ラジカル及び酸素分子 2 1）／モノシラン混合ガスの平均自由行程 λ_g の 1 5 0 0 倍以下（ただし、「0」を超える数）になるよう設定されている。

【 0 0 5 4 】

上記以外については、第 2 の実施形態における、拡散板を有するガス供給板 2 9 と、一実施形態における、拡散板を有するプラズマ閉じ込め電極 2 0 とは、同様の構造を有している。

また、ガス供給板 2 9 内のガス拡散板の構造及びガス拡散板の数、ガス拡散板におけるラジカル通過孔及び中性ガスを通過させる孔の分布の関係などに関する考え方は、一実施形態におけるプラズマ閉じ込め電極 2 0 内に設けられるガス拡散板（第 1 のガス拡散板及び第 2 のガス拡散板）と同様である。

【 0 0 5 5 】

また、ガス供給板 2 9 と基板 3 との距離 F に対する考え方も、一実施形態におけるプラズマ閉じ込め電極 2 0 と基板 3 との距離 D に関する考え方と同様であり、酸素ラジカルおよび酸素分子 2 1 と、モノシランガス 1 9 の気相化学反応が進

みすぎることが無く、気相中での粒成長が制限され、パーティクルが膜として基板 3 の表面に堆積することはない。

【 0 0 5 6 】

以上の一実施形態及び第 2 の実施形態においては、モノシランと酸素を用いた酸化シリコン膜形成を例にあげて本発明の説明を行ったが、モノシランのかわりにジシランなどの高次シランや T E O S (T e t r a e t h o x y s i l a n e) などの液体 S i 原料などでもよく、酸素のかわりに亜酸化窒素、酸化窒素などを用いても良い。

【 0 0 5 7 】

また、上述した一実施形態及び第 2 の実施形態におけるリモートプラズマ C V D 装置は、酸化シリコン膜形成を例にあげて説明を行ったが、モノシランとアンモニアとの反応による窒化シリコン膜形成など、他の材料系の気相化学反応を伴うプラズマ C V D 成膜に用いても、生成された膜に対して、一実施形態及び第 2 の実施形態で生成された膜と同様の効果を得ることができる。

【 0 0 5 8 】

さらに以上の実施の形態においては、平行平板リモートプラズマ C V D 装置を用いた例をあげたが、本発明は、プラズマ生成領域と基板処理領域 R との間に複数の孔が設けられた、プラズマ分離用のプラズマ閉じ込め電極を有するプラズマ C V D 装置であれば、マイクロ波プラズマ、電子サイクロトロン共鳴プラズマ、誘導結合プラズマ、ヘリコン波プラズマを用いたプラズマ C V D 装置など、どのような形態の装置であっても適用される。

【 0 0 5 9 】

【発明の効果】

本発明のリモートプラズマ C V D 装置によれば、気相化学反応により成膜を行うリモートプラズマ C V D において、気相化学反応の過剰な進行を抑制することができ、かつ、プラズマ領域外で噴射する中性ガスの濃度を、被堆積基板上において均一にすることができる。

したがって、本発明のリモートプラズマ C V D 装置によれば、M O S 素子のゲート絶縁膜や層間絶縁膜を作製する際、パーティクルなどを含まない緻密な膜を

大面積基板に均一に形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施の形態における平行平板リモートプラズマ C V D 装置の側面概略図である。

【図 2】 本発明の第 1 の実施形態における、拡散板を有するプラズマ閉じこめ電極の断面概略図である。

【図 3】 本発明の第 1 の実施の形態における、拡散板を有するプラズマ閉じこめ電極の上部板と下部板の平面概略図である。

【図 4】 本発明の第 1 の実施の形態における拡散板の平面概略図である。

【図 5】 堆積した酸化シリコン膜のリーク電流特性を示した図である。

【図 6】 本発明の第 2 の実施の形態における平行平板リモートプラズマ C V D 装置の側面概略図である。

【図 7】 従来例における平行平板リモートプラズマ C V D 装置の側面概略図である。

【図 8】 従来例における中空構造のプラズマ閉じ込め電極の断面概略図である。

【図 9】 従来例における中空構造のプラズマ閉じ込め電極の平面概略図である。

【図 1 0】 従来例において、中空構造のプラズマ閉じ込め電極に真空チャンバ外部より中性ガスを供給する方法を示した、平行平板リモートプラズマ C V D 装置の側面概略図である。

【図 1 1】 従来例における中空構造のプラズマ閉じ込め電極において、ガスの噴射の様子を示すプラズマ閉じ込め電極の断面概略図である。

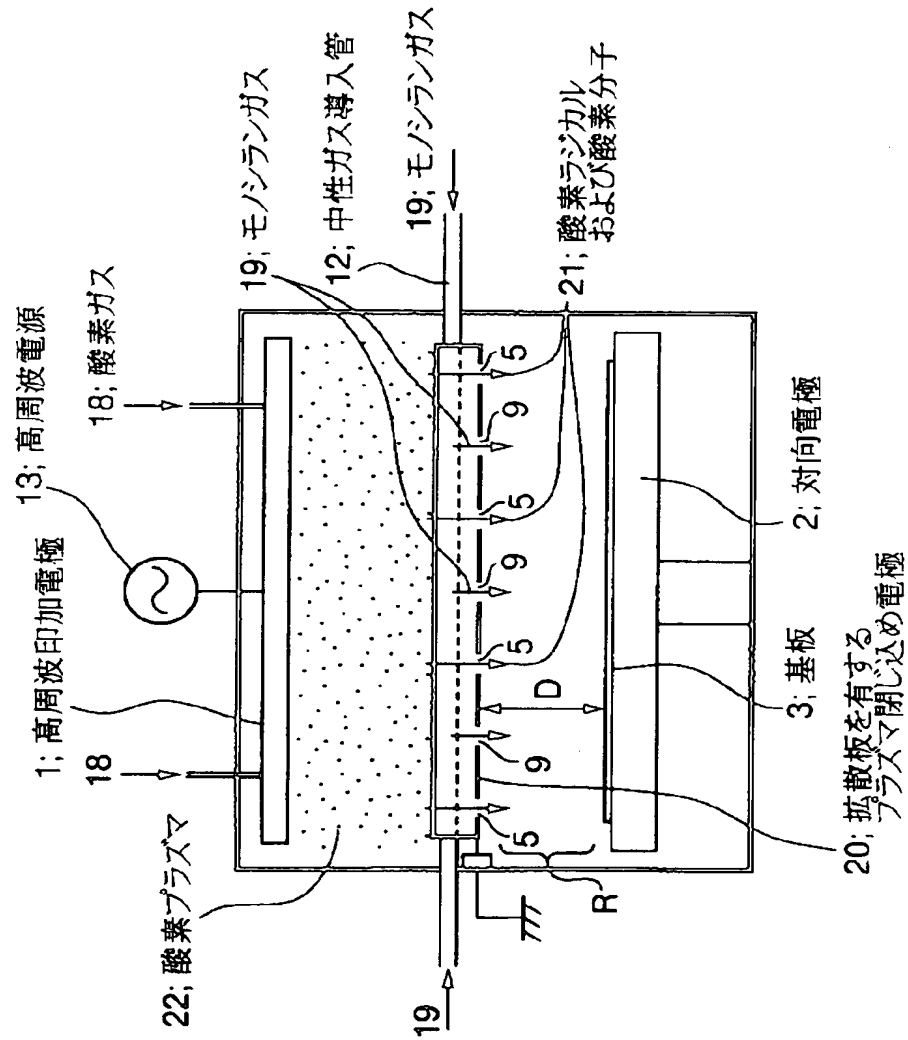
【符号の説明】

- 1 高周波印加電極
- 2 対向電極
- 3 基板
- 4 ラジカル
- 5 ラジカル通過孔

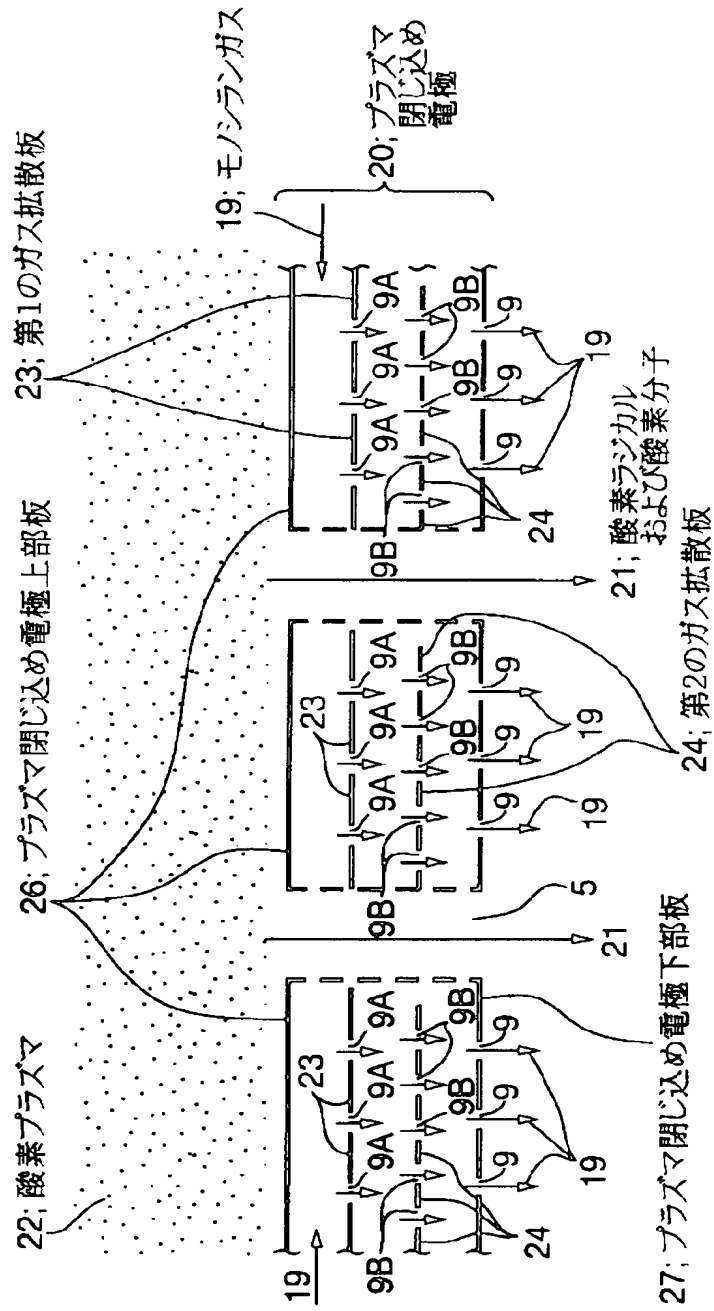
- 6 プラズマ
- 7 チャンバ壁
- 8 プラズマ閉じ込め電極
- 9 中性ガス噴射孔
- 1 0 中性ガス
- 1 1 プラズマ分解用中性ガス
- 1 2 中性ガス導入管
- 1 3 高周波電源
- 1 6 真空排気
- 1 8 酸素ガス
- 1 9 モノシランガス
- 2 0 拡散板を有するプラズマ閉じ込め電極(プラズマ閉じ込め電極)
- 2 1 酸素ラジカルおよび酸素分子
- 2 2 酸素プラズマ
- 2 3 第 1 のガス拡散板
- 2 4 第 2 のガス拡散板
- 2 6 プラズマ閉じ込め電極上部板
- 2 7 プラズマ閉じ込め電極下部板
- 2 9 拡散板を有するガス供給板

【書類名】 図面

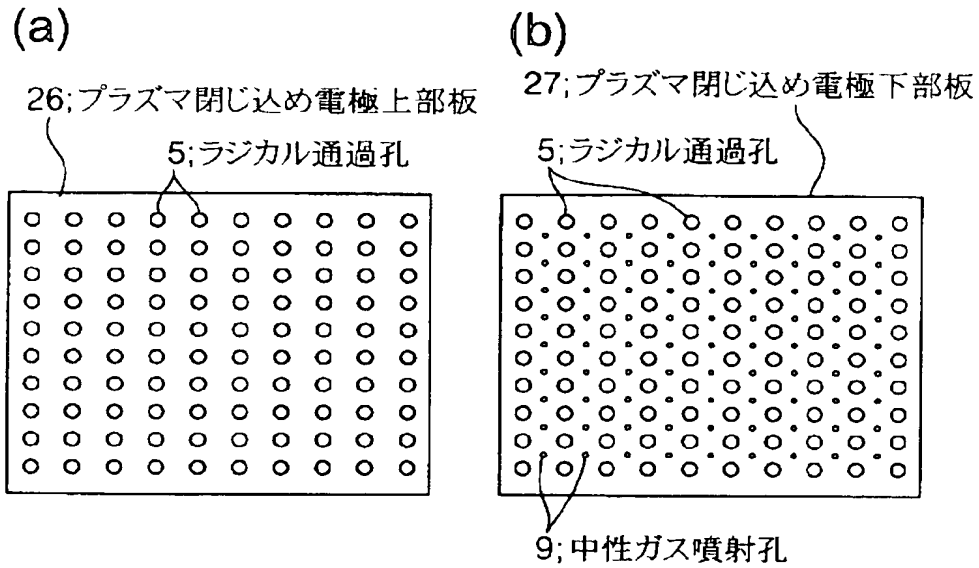
【図 1】



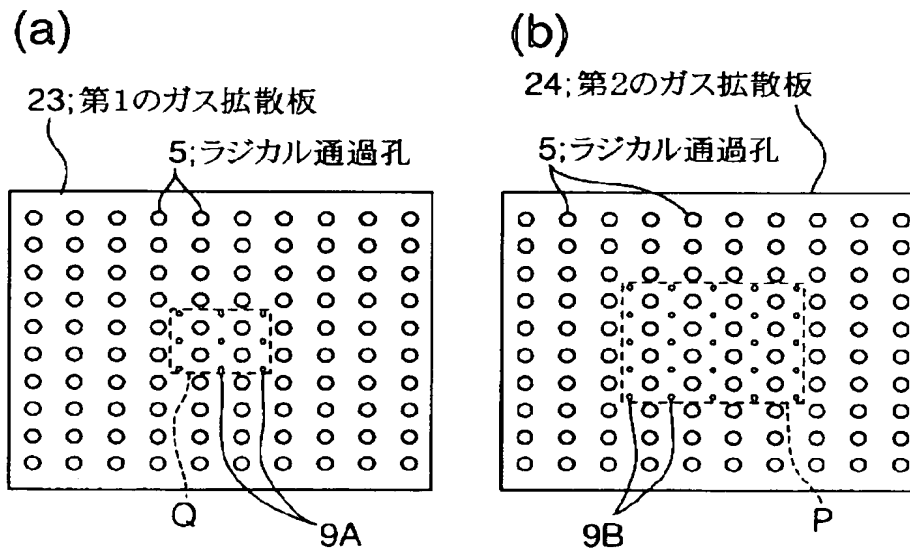
【図 2】



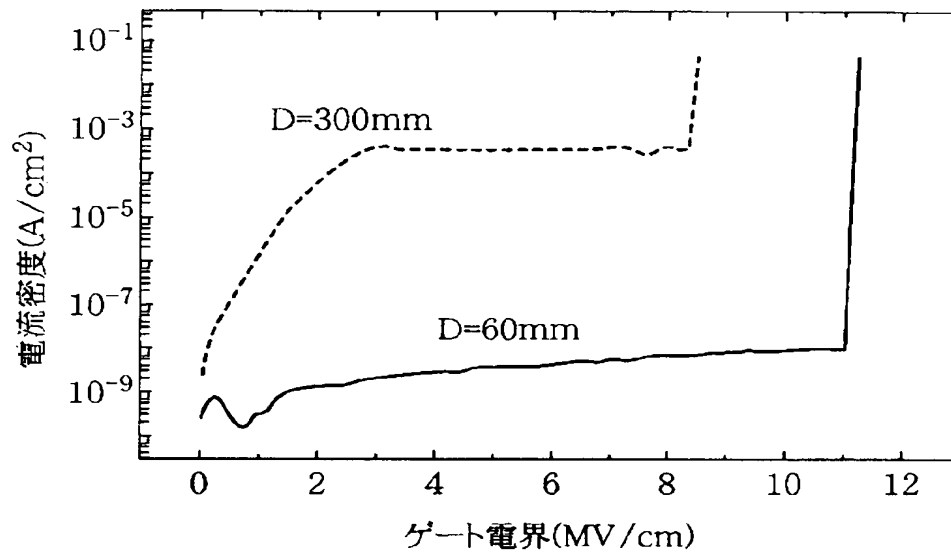
【図 3】



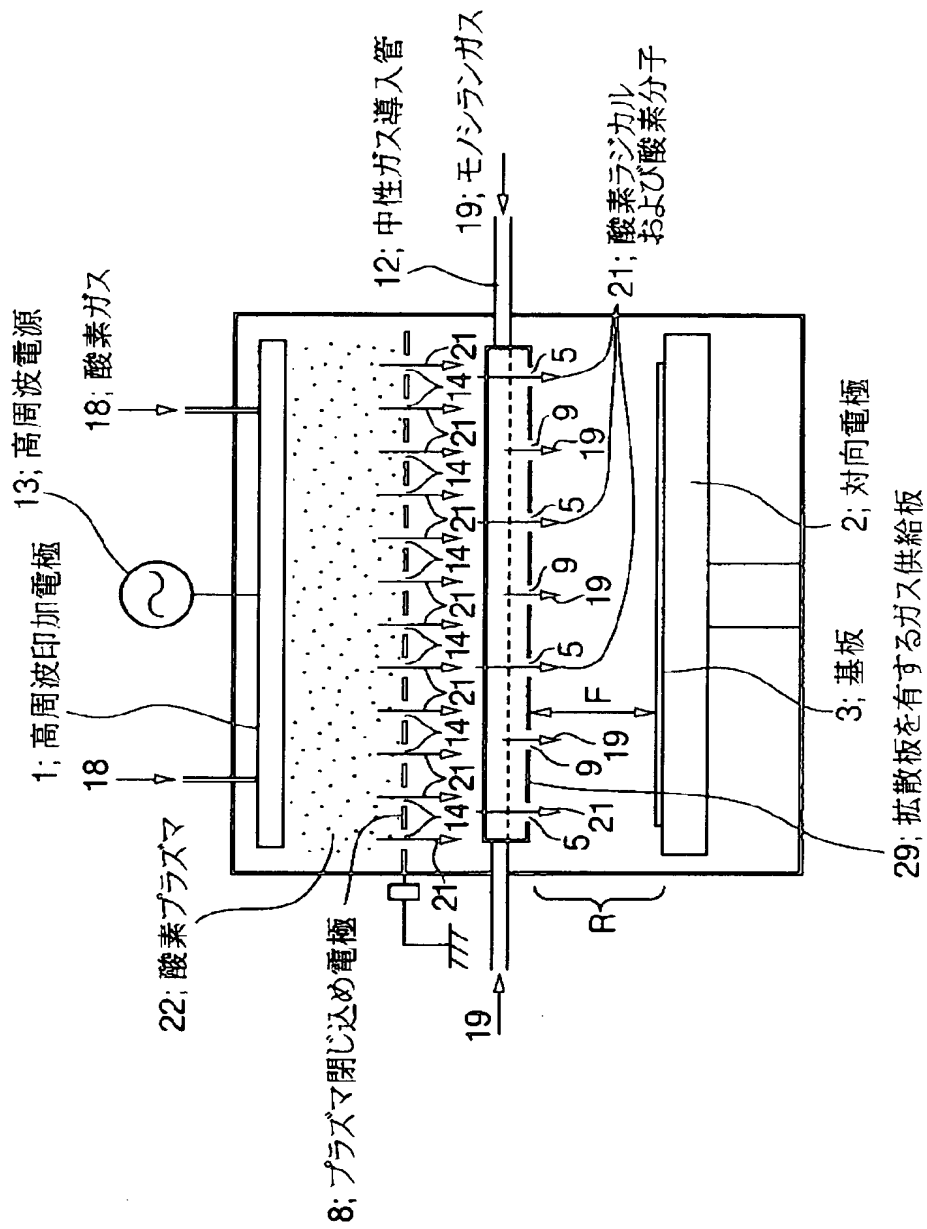
【図 4】



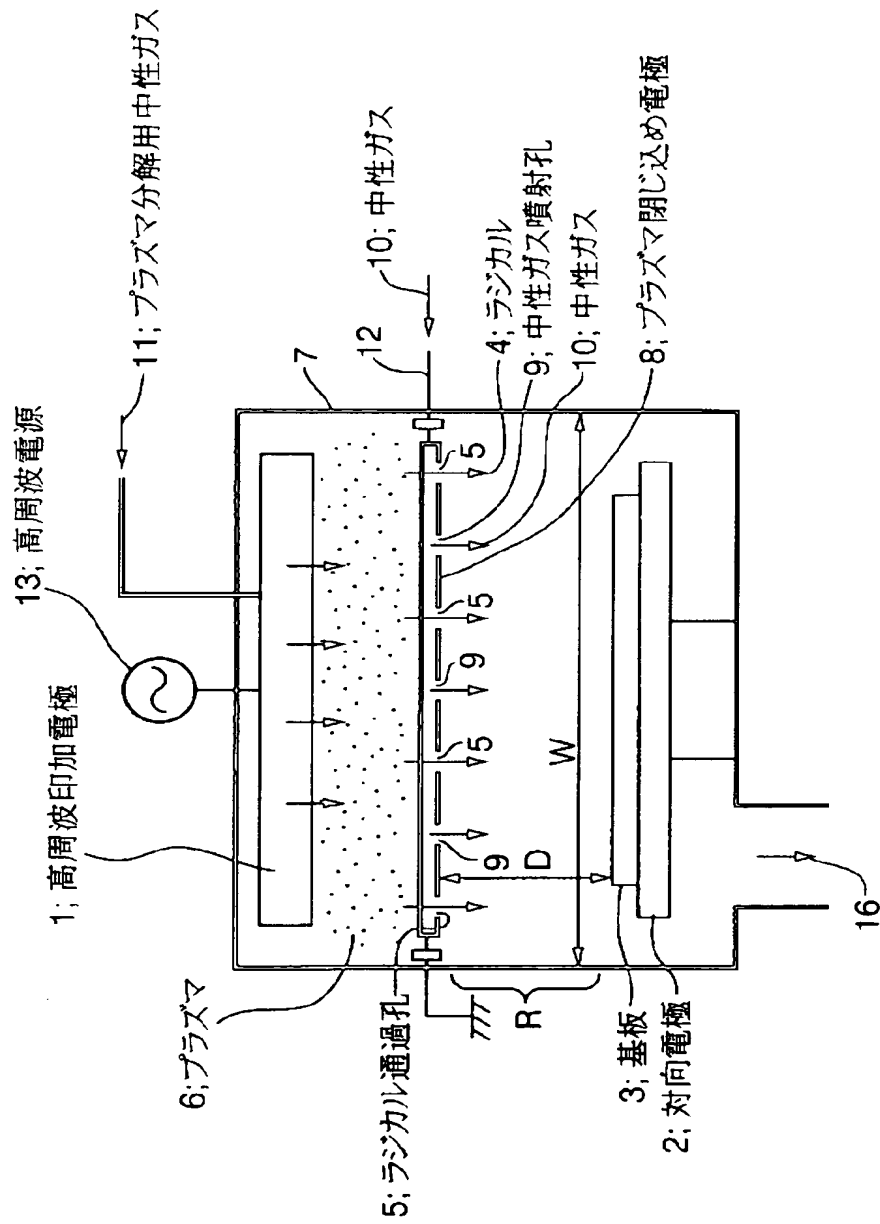
【図 5】



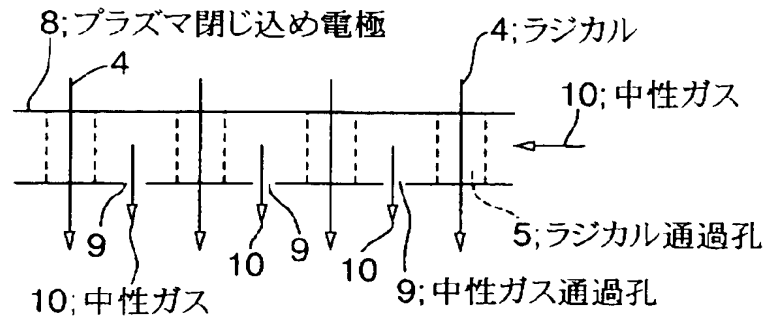
【図 6】



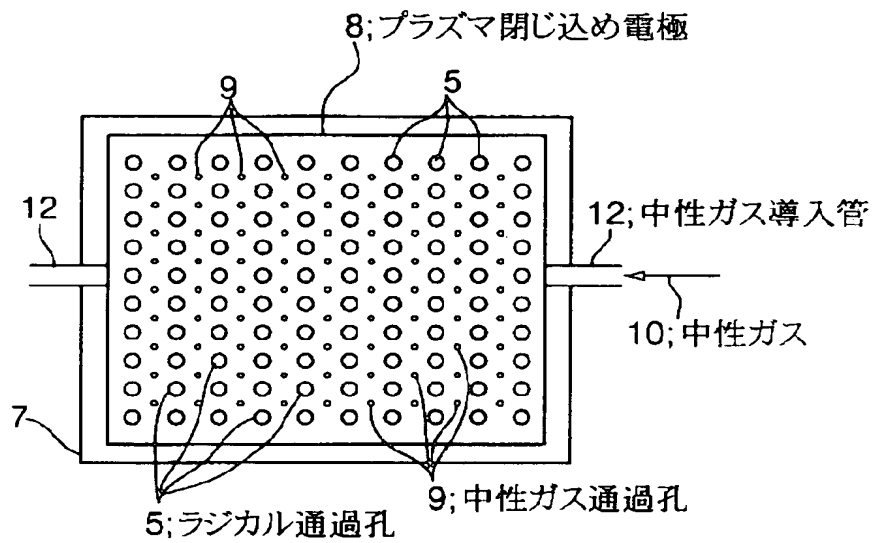
【図 7】



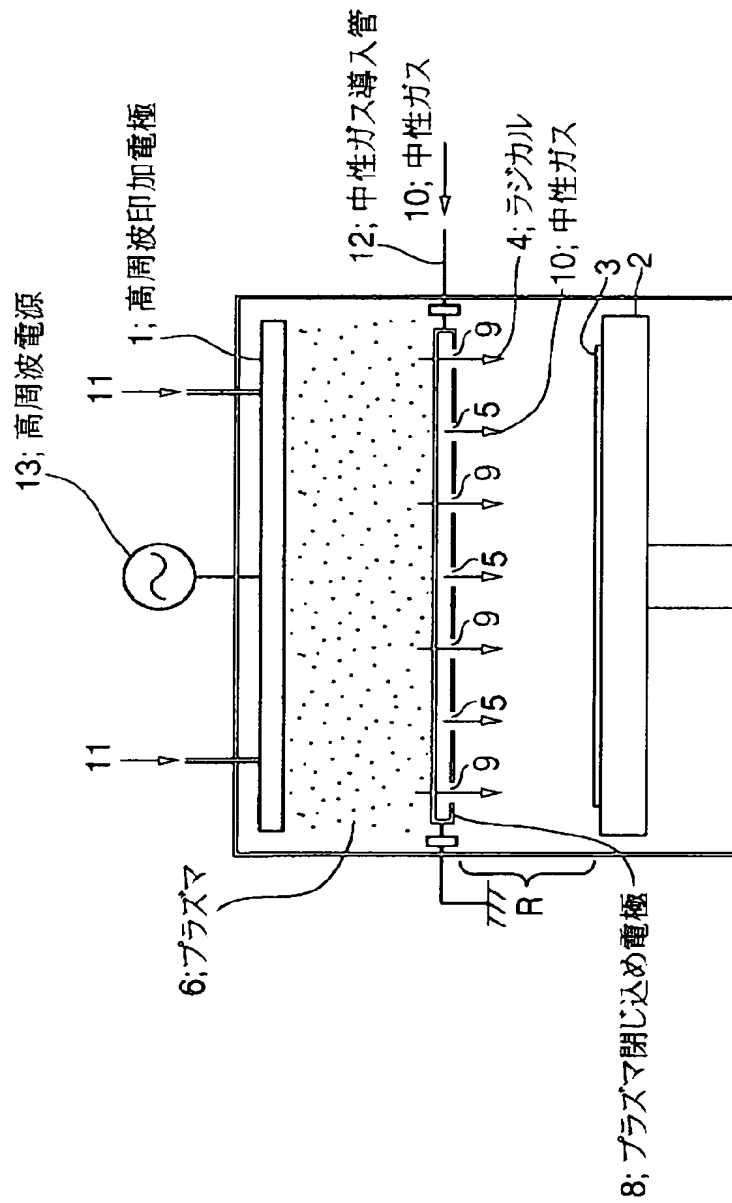
【図 8】



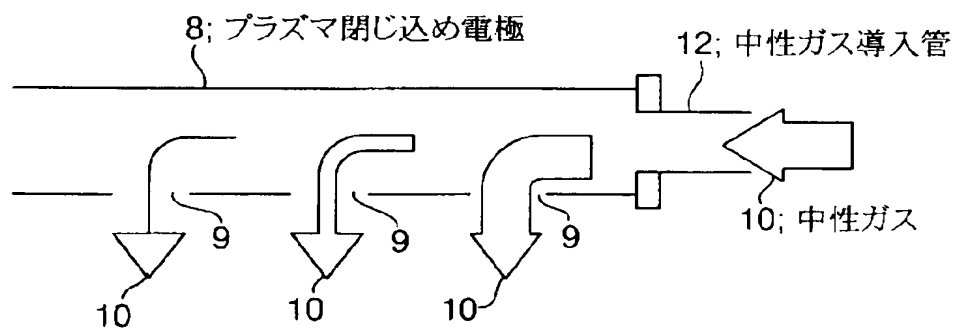
【図 9】



【図 1 0】



【図 1 1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 気相化学反応を用いて成膜を行うリモートプラズマCVDにおいて、気相化学反応の過剰進行抑制と均一膜形成を両立させる。提供する。

【解決手段】 酸素ガス 1 8 を高周波印加電極 1 に供給し、酸素ラジカル及び酸素分子 2 1 を、酸素プラズマ 2 2 外の基板処理領域 R で導入されるモノシランガス 1 9 と反応させ、基板 3 表面に成膜を行うリモートプラズマCVDにおいて、モノシランガス 1 9 を基板処理領域 R に導入する導入孔が配置されたプラズマ閉じ込め電極 2 0 と、基板 3 （被堆積基板）の垂直方向の距離が、基板処理領域 R における成膜時平均自由行程 λ_g の 1 5 0 0 倍以下となっており、かつ前記プラズマ閉じ込め電極 2 0 は、中空構造であってモノシランガス 1 9 （中性ガ）を板内で均一化するためのガス拡散板（第 1 のガス拡散板及び第 2 のガス拡散板）が設けられている。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	平成 11 年 特許願 第 348157 号
受付番号	59901194800
書類名	特許願
担当官	東海 明美 7069
作成日	平成 11 年 12 月 13 日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000004237
【住所又は居所】	東京都港区芝五丁目 7 番 1 号
【氏名又は名称】	日本電気株式会社

【代理人】

【識別番号】	申請人
【識別番号】	100108578
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 23 番 3 号 OR ビル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	高橋 詔男

【代理人】

【識別番号】	100064908
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 23 番 3 号 OR ビル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	志賀 正武

【選任した代理人】

【識別番号】	100101465
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 23 番 3 号 OR ビル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	青山 正和

【選任した代理人】

【識別番号】	100108453
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 23 番 3 号 OR ビル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	村山 靖彦

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 4 2 3 7]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 9 日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号
氏 名 日本電気株式会社